

2. BÀI TẬP LUYỆN TẬP TỔNG HỢP

Chuyên đề 4: SỰ PHẢN XẠ ÁNH SÁNG

1. Hai gương phẳng $(M_1), (M_2)$ có mặt phản xạ hợp với nhau góc $\alpha = 30^\circ$. Tia tới SI chiếu đến (M_1) phản xạ theo IJ tới (M_2) và phản xạ theo IR

a) Tính góc quay hợp bởi SI và JR.

b) Phải quay M quanh trục qua J và song song với giao tuyến của hai gương góc nhỏ nhất là bao nhiêu để:

- SI và JR song song với nhau

- SI và JR vuông góc nhau.

Bài giải

a) Góc quay hợp bởi SI và JR

- Xét tam giác IJA, ta có

$$\beta = (i_2 + i_2') - (i_1 + i_1') = 2(i_2 - i_1) \quad (1)$$

- Xét tam giác BIJ, ta có:

$$\alpha = i_2' - i_1' = i_2 - i_1 \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $\beta = 2\alpha$

Vậy: Góc quay hợp bởi SI và JR là $\beta = 2\alpha$.

b) Góc nhỏ nhất phải quay M

- Để SI và JR song song nhau: Vì ban đầu SI hợp với JR một góc $\beta = 2\alpha = 60^\circ$ nên để SI và JR song song nhau thì tia JR phải quay quanh J theo chiều kim đồng hồ một góc 60° . Do đó, phải quay gương M_2 quanh O theo chiều kim đồng hồ một góc nhỏ nhất là $\frac{60^\circ}{2} = 30^\circ$.

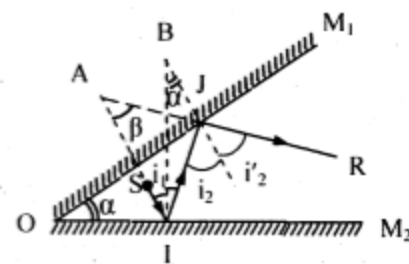
- Để SI và JR vuông góc với nhau: Vì ban đầu SI hợp với JR một góc $\beta = 2\alpha = 60^\circ$ nên để SI và JR vuông góc nhau thì tia JR quay quanh J ngược chiều kim đồng hồ một góc 30° . Do đó, phải quay gương M_2 quanh O ngược chiều kim đồng hồ một góc nhỏ nhất là $\frac{30^\circ}{2} = 15^\circ$.

2. Trước gương phẳng (M) có điểm sáng A.

a) Giữ (M) cố định, dời A theo phương vuông góc với gương và với vận tốc không đổi v . Xác định chuyển động của A' .

b) Giữ A đứng yên. Tịnh tiến gương (M) theo phương vuông góc với mặt phẳng của nó. Xác định chuyển động của A' .

Bài giải



Gọi d_1, d_1' là khoảng cách ban đầu từ A và A' đến gương; d_2, d_2' là khoảng cách lúc sau từ A và A' đến gương.

a) Trường hợp (M) cố định, dời A:

Gọi s, s' là độ dời của A và A' :

+ Khi dời A lại gần gương một đoạn s thì ảnh A' cũng dời lại gần gương một đoạn s' (A' và A chuyển động ngược chiều nhau).

Ta có: $s = d_1 - d_2; s' = d_1' - d_2'$

Vì $d_1 = d_1'; d_2 = d_2'$ (tính chất của ảnh qua gương) nên:

$$s = s' \Rightarrow v' = v$$

+ Khi dời A ra xa gương một đoạn s thì ảnh A' cũng dời ra xa gương một đoạn s' (A' và A chuyển động ngược chiều nhau). Tương tự ta có: $s = s' \Rightarrow v' = v$

Vậy: Khi giữ (M) cố định, dời A theo phương vuông góc với gương và với vận tốc không đổi v thì ảnh A' sẽ dời với vận tốc $\overline{v}$ (A' dời ngược chiều với A).

b) Trường hợp A đứng yên, dời (M):

Gọi s, s' là độ dời của (M) và A'

+ Khi dời (M) một đoạn s lại gần A thì ảnh A' sẽ dời một đoạn s' cùng chiều với (M).

Ta có: $s = d_1 - d_2; s' = d_1' + s - d_2'$

Vì $d_1 = d_1'; d_2 = d_2'$ (tính chất của ảnh qua gương) nên:

$$s' = d_1 + s - d_2 = (d_1 - d_2) + s = s + s = 2s$$

$$\Rightarrow v' = 2v$$

+ Khi dời (M) một đoạn s ra xa A thì ảnh A' sẽ dời một đoạn s' cùng chiều với (M). Tương tự:

$$s' = 2s \Rightarrow v' = 2v$$

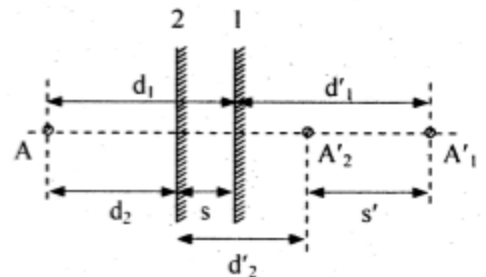
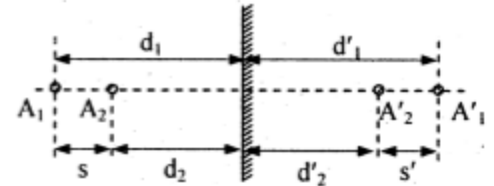
Vậy: Khi giữ A cố định, dời (M) theo phương vuông góc với mặt phẳng của nó với vận tốc không đổi v thì ảnh A' sẽ dời với vận tốc $2v$ (A' dời cùng chiều với (M))

3. Tính hệ số phản xạ tổng cộng (phản xạ đi, phản xạ lại nhiều lần) của ánh sáng từ thủy tinh có chiết suất n với màng phủ trên nó có chiết suất n_1 . Cho biết hệ số phản xạ thứ nhất (biên giữa không khí – màng) là:

$$R_1 = \left(\frac{n - 1}{n + 1} \right)^2 \text{ và hệ số phản xạ thứ hai (biên giữa màng – thủy tinh) là: } R_2 = \left(\frac{n - n_1}{n + n_1} \right)^2. \text{ Tìm điều kiện để hệ}$$

số phản xạ tổng cộng là nhỏ nhất.

$$\text{Cho biết: } 1 + x + x^2 + x^3 + \dots = \frac{1}{1 - x} (x < 1)$$



Bài giải

Gọi I_0 là cường độ của dòng ánh sáng tới, $I'_1, I'_2, I'_3, \dots, I'_n$ là cường độ của ánh sáng khúc xạ trên (màng – không khí) thì hệ số phản xạ tổng cộng là: $R_{tc} = \frac{I'_1 + I'_2 + \dots + I'_n}{I_0}$

Với $I'_1 = I_0 R_1; I_1 = I_0 - I'_1 = I_0 (1 - R_1) \Rightarrow I_2 = I_1 R_2$

$$I_2 = I_0 (1 - R_1) R_2$$

$$\Rightarrow I_3 = I_2 R_1 = I_0 (1 - R_1) R_1 R_2$$

$$\Rightarrow I'_2 = I_2 - I_3 = I_0 (1 - R_1)^2 R_2$$

Tương tự: $I'_3 = I_0 (1 - R_1)^2 R_2^2 R_1;$

$$I'_4 = I_0 (1 - R_1)^2 R_1^2 R_2^2$$

$$I'_5 = I_0 (1 - R_1)^2 R_1^3 R_2^4$$

Do đó, hệ số phản xạ tổng cộng là:

$$R_{tc} = R_1 + (1 - R_1)^2 R_2 + (1 - R_1)^2 R_1 R_2^2 + (1 - R_1)^2 R_1^2 R_2^2 + \dots$$

$$= R_1 + (1 - R_1)^2 R_2 \left[1 + R_1 R_2 + (R_1 R_2)^2 + (R_1 R_2)^3 + \dots + (R_1 R_2)^n \right]$$

$$\text{Với } R_1 R_2 < 1 \text{ nên } 1 + R_1 R_2 + (R_1 R_2)^2 + \dots + (R_1 R_2)^n = \frac{1}{1 - R_1 R_2}$$

$$\text{Vậy } R_{tc} = R_1 + \frac{R_2 (1 - R_1)^2}{1 - R_1 R_2}, \text{ với } R_1 = \left(\frac{n - 1}{n + 1} \right)^2; R_2 = \left(\frac{n - n_1}{n + n_1} \right)^2$$

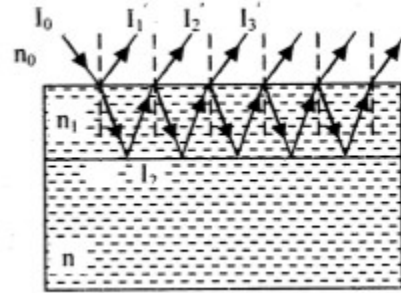
- Vì R_1, R_2 đều khác 0 và khác nhau nên để R_{tc} nhỏ nhất thì tia tới màng phải cho tia phản xạ vuông góc với tia khúc xạ lúc đó: $i + r = \pi / 2$.

$$\Leftrightarrow \frac{\sin i}{\sin r} = n_1 \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin \left(\frac{\pi}{2} - i \right)} = n_1 \text{ hay } \tan i = n_1.$$

- Điều kiện để R_{tc} bé nhất là: $n_1 = \frac{n}{n_1} \Rightarrow n_1 = \sqrt{n}$

Vậy: Điều kiện để hệ số phản xạ tổng cộng nhỏ nhất là $n_1 = \sqrt{n}$

4. Một đèn chiếu gồm một gương cầu lõm, có đường kính $D_0 = 24 \text{ cm}$, và một bóng đèn có thể coi như một nguồn sáng điểm S. Bóng đèn có thể dịch chuyển dọc theo trục chính của gương trên một đoạn thẳng $AB = 2 \text{ cm}$ (A ở gần gương hơn B). Để điều chỉnh cho dây tóc bóng đèn đúng vào tiêu điểm F của gương người ta làm như sau:



a) Đưa bóng đèn về điểm tận cùng A. Đặt một màn ảnh cách gương một khoảng $a = 1,00 \text{ m}$, vuông góc với trục chính, người ta được một vòng sáng có đường kính $D = 28 \text{ cm}$.

b) Đưa bóng đèn về điểm tận cùng B thì thấy đường kính vòng sáng trên màn ảnh nhỏ hơn đường kính của gương và càng đưa màn ra xa, vòng sáng càng nhỏ dần. Khi màn cách gương một khoảng $L = 6,50 \text{ m}$ thì thu được ảnh rõ nét của dây tóc bóng đèn.

Hỏi phải dịch chuyển bóng đèn đến một khoảng x bằng bao nhiêu, kể từ điểm A, để chùm sáng phản xạ trên gương là chùm song song.

Bài giải

Gọi d_1 là khoảng cách từ A đến gương, d_2 là khoảng cách từ B đến gương.

- Khi đèn ở A: Vì $D > D_0$ nên chùm tia phản xạ là chùm phân kì. Trên hình vẽ, hai tam giác đồng dạng $S'IJ$ và $S'MN$ cho:

$$\frac{MN}{IJ} = \frac{D}{D_0} = \frac{S'H}{S'O} = \frac{S'O + OH}{S'O} = \frac{-d_1' + a}{-d_1'}$$

$$\Leftrightarrow \frac{28}{24} = 1 - \frac{100}{d_1'} \Rightarrow d_1' = -600 \text{ cm}$$

$$\text{và } f = \frac{d_1 d_1'}{d_1 + d_1'} = \frac{-600 d_1}{d_1 - 600} \quad (1)$$

- Khi đèn ở B:

Ta có: $d_2 = d_1 + 2$;

$$d_2' = L = 650 \text{ cm (ảnh thật)}$$

$$\text{và: } f = \frac{d_2 d_2'}{d_2 + d_2'} = \frac{(d_1 + 2) \cdot 650}{(d_1 + 2) + 650} = \frac{(d_1 + 2) \cdot 650}{d_1 + 652} \quad (2)$$

$$\text{- Từ (1) và (2) ta được: } \frac{-600 d_1}{d_1 - 600} = \frac{(d_1 + 2) \cdot 650}{d_1 + 652}$$

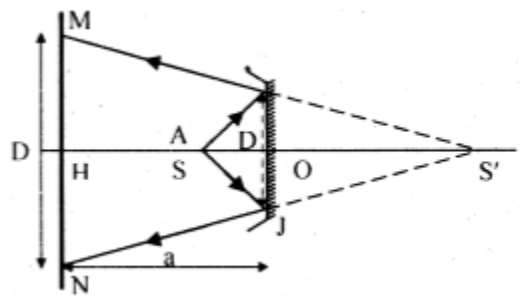
$$\Leftrightarrow -600(d_1 + 652) = (d_1 - 600)(d_1 + 2) \cdot 650$$

$$\Rightarrow d_1 = 24 \text{ cm (loại nghiệm âm) và } f = \frac{-600 \cdot 24}{24 - 600} = 25 \text{ cm}$$

Vậy: Để chùm sáng phản xạ trên gương là chùm song song thì phải đặt đèn tại tiêu điểm F ($d_2 = f = 25 \text{ cm}$) nghĩa là phải dịch chuyển đèn ra xa gương 1 cm .

5. Một người đặt mắt trên trục chính của một gương cầu lõm cách mặt gương 100 cm để quan sát những vật ở sau mình. Gương có tiêu cự 60 cm và có rìa hình tròn, đường kính 6 cm .

a) Tính độ lớn của nửa góc ở đỉnh của mặt nón giới hạn thị trường của gương.



b) Nếu thay gương cầu lõm bằng một gương phẳng có cùng kích thước của đường rìa, đặt cùng vị trí đối với mắt thì thị trường sẽ tăng giảm bao nhiêu lần?

c) Một vật tiến lại gần gương cầu từ phía sau người quan sát, dọc theo một đường thẳng song song với trục chính và cách trục 0,20 m. Hỏi khi còn cách người quan sát bao nhiêu mét thì vật đó sẽ ra khỏi thị trường của gương?

Bài giải

a) – Gọi M là vị trí đặt mắt ($d = OM = 100 \text{ cm}$), M' là ảnh của M qua gương:

$$d' = \frac{df}{d - f} = \frac{100 \cdot (-60)}{100 - (-60)} = -37,5 \text{ cm}$$

- Độ lớn của nửa góc ở đỉnh của mặt nón giới hạn thị trường của gương:

$$\tan \varphi = \frac{OI}{OM'} = \frac{OI}{|d'|} = \frac{3}{37,5} = 0,08 \quad (OI = r = \frac{D}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ cm})$$

$$\Rightarrow \varphi \approx \tan \varphi = 0,08 \text{ rad} = 4,58^\circ = 4^\circ 35'$$

Vậy: Độ lớn của nửa góc ở đỉnh của mặt nón giới hạn thị trường của gương là $4^\circ 35'$.

b) Thị trường gương phẳng tăng hay giảm so với gương cầu lõm?

- Với gương phẳng thì $|d'| = d = 100 \text{ cm}$.

$$\Rightarrow \tan \varphi' = \frac{OI}{|d'|} = \frac{3}{100} = 0,03 \Rightarrow \varphi' \approx 0,03$$

- Vì $\varphi' < \varphi$ nên thị trường gương phẳng giảm so với gương cầu lõm và giảm $\frac{\varphi}{\varphi'} = \frac{0,08}{0,03} = 2,7$ lần.

c) Khoảng cách giữa vật và người để vật ra khỏi thị trường gương

Gọi A là giao điểm quỹ đạo của vật với mặt nón giới hạn thị trường gương cầu thì tại A vật sẽ bắt đầu ra khỏi thị trường gương.

$$\text{Ta có: } \tan \varphi = \frac{AH}{M'H} \Rightarrow M'H = \frac{AH}{\tan \varphi} = \frac{0,2}{0,08} = 250 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow OH = M'H - M'O = M'H - |d'| = 250 - 37,5 = 212,5 \text{ cm}$$

Vậy: Để vật bắt đầu ra khỏi thị trường gương thì vật phải cách gương 212,5 cm hay cách người là $212,5 - 100 = 112,5 \text{ cm}$.

